Ueber das Bewegungsvermögen der Pflanzen.

Vorgetragen

im Rathhaussaale zu Zürich

am 26. Januar 1882

von

Prof. Dr. C. Cramer.

Benno Schwabe.
Schweighauserische Verlagsbuchhandlung.
Basel 1883.

Schweighauserische Buchdruckerei.

Hochansehnliche Versammlung!

Früher hielt man die Pflanze allgemein für bewegungslos und dadurch vom Thier durchaus verschieden. In der That, während die Thierwelt sich durch ein ausserordentlich mannigfaltiges und oft sehr ausgiebiges Bewegungsvermögen auszeichnet, erscheint die Pflanze, wohl im Zusammenhang damit, dass sie der Nahrung weniger nachzugehen braucht, diese vielmehr gewöhnlich zu ihr herantritt, meistens festgewurzelt in der Erde Schooss. Bei sorgfältigerer Beobachtung wird man indessen bald gewahr, dass auch Florens Kindern die Fähigkeit, sich zu bewegen, nicht gänzlich versagt ist, ja die grosse Mehrzahl der Gewächse sich eines gewissen Bewegungsvermögens erfreut. Ich brauche nicht zu reden von den Bewegungen, die mit der chemischen Thätigkeit der Pflanze, mit der Saftverbreitung im Innern derselben und der Ernährung der Zellhäute etc. zusammenhängen. Ich darf auch absehen von jenen Pulsationen und Strömungen im Zellinhalt, ja selbst von den so merkwürdigen, infusorienartigen Bewegungen ganzer Zellen und Zellvereinigungen. Es bleiben ja noch eine solche Menge an niedrigern und höhern Gewächsen mit unbewaffnetem Auge nachweisbarer, activer Bewegungen übrig, dass ich selbst von diesen in der kurzen Zeit einer Stunde nur einen Theil und diesen Theil nur in gedrängtester Kürze zu besprechen vermag. Ich beschränke mich aus den angedeuteten Gründen auf die Bewegungserscheinungen, welche Wurzeln, Stengel und Blätter höherer Pflanzen unter Umständen zu erkennen geben. Dabei erkläre ich mit Bezug

auf Darwins neuestes Werk über das Bewegungsvermögen der Pflanzen, dass ich zwar einzelne Angaben des berühmten Autors verwerthen, auf die daselbst verfochtenen allgemeinen Ansichten dagegen nicht eintreten werde und zwar hauptsächlich, weil mir letztere noch nicht hinreichend festgestellt zu sein scheinen.[1])

Viele der von uns zu betrachtenden Bewegungen stehen im Dienste der Fortpflanzung, die meisten aber erfolgen im Interesse der Erhaltung des Pflanzenindividuums und diese letztern sind es, auf welche ich in der Folge das Hauptaugenmerk zu richten gedenke. Manche derselben sind höchst auffällig; ich werde mit der Beschreibung einiger derartiger Fälle beginnen, um mit einer Anzahl viel weniger in die Augen springender Bewegungen zu schliessen. Es mag dies verkehrt scheinen, allein Sie wissen ja, dass nicht immer der die Palme erringt, der am lautesten auftritt. Der objectiven Darstellung der hervorragendsten Bewegungserscheinungen an sich soll dann noch eine kurze Besprechung der Bewegungsursachen nachfolgen.

Es war im Jahre 1790, als der bekannte Arzt Hufeland in Bengalen an einer mit unserer Esparsette, den Erbsen und Bohnen verwandten Pflanze Namens Desmodium gyrans eine spontane Bewegungserscheinung beobachtete, die unstreitig zu den überraschendsten aller pflanzlichen Bewegungen gehört. Die genannte Pflanze besitzt aus je 3 Blättchen, einem bis 4″ langen Endblatt und zwei 7—8‴ langen Seitenblättchen zusammengesetzte Blätter, die einzeln in spiraliger Folge am Stengel stehen und deren Seitenblättchen fortwährend, am Tag und bei

---

[1]) Einige Andeutungen in Betreff jener allgemeinen Ansichten wird der Leser in einer spätern Anmerkung finden.

Nacht auf- und abschwingen der Art, dass das eine Blättchen sich der obern Hälfte des gemeinsamen Blattstieles anlegt, während das andere die untere Hälfte berührt und umgekehrt. Die Blättchen sollen per Minute circa 60 Schwingungen machen und dabei ein bemerkbares Geräusch verursachen; auch wird berichtet, dass die Bewegung an abgeschnittenen Zweigen fortdaure. Die Blätter unserer Gewächshausexemplare erweisen sich als viel träger, da per Minute höchstens eine halbe Oscillation zu Stande kommt. Ueber die Bedeutung dieser Bewegung für die Pflanze ist nichts bekannt.

Sie alle kennen die Stangenbohne, die Winde, den Hopfen. Die Stengel dieser, wie aller übrigen Schlinggewächse sind, wenigstens Anfangs dünn und unfähig, sich aus eigener Kraft aufrecht zu erhalten. Die Eigenschaft derselben zu schlingen und winden bietet ihnen dafür Ersatz. Allein dieses Auskunftsmittel müsste als ein halbes erscheinen, wären die Stengel der Schlingpflanzen nicht zugleich mit der Fähigkeit ausgerüstet, geeignete Stützen aufzufinden. Dazu dient ein der fortwachsenden Spitze solcher Pflanzen zukommendes, gleichfalls spontanes, d. h. nicht von äusseren Ursachen bedingtes, eingeborenes Bewegungsvermögen, welches als rotirende Nutation, seit Darwins neuestem Werk über das Bewegungsvermögen der Pflanzen auch als Circumnutation bezeichnet wird und darin besteht, dass die schief emporragende oder horizontal abstehende, manchmal auch bogenförmig überhängende Spitze zu verschiedenen Tageszeiten nach verschiedenen Seiten des Horizontes weist, entweder nämlich nach Süd, dann nach Ost, Nord, West, darauf wieder nach Süd u. s. w., also im Sinn einer linksläufigen Spirale oder auch, wiewohl seltener, in entgegengesetztem Sinn. Trifft bei diesem spiralig

nach verschiedenen Seiten fortschreitenden Ueberneigen der Spross auf eine Stütze, so muss er sich ohne Weiteres um dieselbe herum wickeln, wie ein im Kreis geschwungenes Seil, das man an eine Stange anschlagen lässt.[1]) Ist aber keine Stütze in der Nähe, so kann es wohl geschehen, dass die Schlingpflanze von ihrem Eigengewicht auf die Erde herabgezogen wird. Indem sie aber hier einen Stützpunkt findet, erhebt sich ihre Spitze von neuem, um, ununterbrochen circumnutirend, dann vielleicht eine ferner gelegene Stütze zu ergreifen. In dem aufgewundenen Stengeltheil erlöscht das Vermögen zu circumnutiren gewöhnlich alsbald. Selten nur kommt es bei Schlingpflanzen vor, dass der nämliche Spross abwechselnd in entgegengesetzter Richtung circumnutirt. Offenbar wird dadurch das Auffinden einer Stütze

---

[1]) Nach einer neuern in den Mittheilungen der Berliner Academie niedergelegten Untersuchung von Schwendener ist die Sache wesentlich complicirter: Das circumnutirende Sprossende krümmt sich von Zeit zu Zeit stark nach innen, drückt die Spitze gegen die Stütze, während ein 120—200° rückwärts liegender Punkt gleichfalls mit der Stütze in Berührung tritt. Die Schlingpflanze ergreift also die Stütze förmlich und es ist jenes Krümmungsbestreben und der Widerstand der ergriffenen Stütze, in Folge dessen das übrige hohlliegende Zwischenstück der Stütze mehr und mehr angeschmiegt und, wenn der obere Contactpunkt merklich höher liegt, zugleich entgegengesetzt gedreht wird. Auch werden die eben besprochenen Wirkungen durch die Schwerkraft unterstützt, indem diese in eben erst schief aufwärts strebenden, aber auch in bereits greifenden Sprossen ein Bestreben sich zu heben wachruft, somit im ersten Fall den Spross der Stütze näher bringt, im zweiten die schon vorhandene Spannung zwischen Spross und Stütze vergrössert. Wird die Wirkung der Schwere ausgeschlossen (durch Rotation um eine horizontale Achse), so tritt kein Schlingen ein. Daher winden denn auch schlingende Stengel nie horizontal oder abwärts. Es ist also auch das Winden streng genommen keine spontane, d. h. von äussern Factoren unabhängige Bewegungserscheinung.

noch mehr gesichert, als bei stets gleichsinniger Circumnutation, kann freilich auch der missliche Fall eintreten, dass ein bereits aufgewundener Trieb sich wieder theilweise oder ganz abwickelt.[1])

Kaum weniger merkwürdig als das Verhalten von Desmodium gyrans und zugleich bekannter ist die sogenannte Reizbewegung der Blätter gewisser Mimosen, z. B. M. pudica und sensitiva. Es gehören diese Pflanzen, wie Desmodium, Bohnen, Erbsen u. s. w. in die grosse Gruppe der Hülsenfrüchtler, haben auch zusammengesetzte und zwar

---

[1]) Die oben berührte Circumnutation ist nach Darwin nur eine besondere Form einer bei höhern Pflanzen sehr verbreiteten, sogenannten „universellen" Circumnutation. Nach Darwin circumnutirt nämlich jede wachsende Stengel- und Wurzelspitze, jedes Blatt; selbst Thallophyten thun es. In gewissen Fällen ist diese universelle Circumnutation stark ausgeprägt, so namentlich bei den Stengeln von Schlingpflanzen und Ranken, dann auch manchen Ausläufern, deren Vordringen auf der Erdoberfläche oder im Boden dadurch erleichtert werden soll. Meistens ist sie dagegen schwach: so circumnutiren Wurzelspitzen allgemein schwach, werden aber nach Darwin nichts desto weniger beim Vordringen im Boden dadurch unterstützt. In andern Fällen erreicht die Circumnutation zwar höhere Beträge, ist aber in Folge Anpassung an Sonderzwecke stark verändert, einseitig ausgebildet und daher dann fast unkenntlich. Dahin die später zu erörternden Schlafbewegungen und viele andere Krümmungs- und Torsionsbewegungen. Nur die Reizbewegungen der insectenfressenden Pflanzen und der Blätter von Mimosen etc. (s. unten) sind nach Darwin nicht aus der universellen Circumnutation hervorgegangen. — Diese und andere Angaben von Darwin betreffend das Bewegungsvermögen der Pflanzen haben indessen kurz nach dem Bekanntwerden einen harten Stoss erfahren, indem Wiesner darthat, dass nicht blos die Beobachtungsmethode von Darwin an Mängeln litt, sondern auch eine solche universelle Circumnutation nicht besteht. Näheres wolle man in Wiesners Schrift „Das Bewegungsvermögen der Pflanzen" 1881 nachlesen und damit vergleichen die von Wiesner in Nr. 18 des botanischen Centralblattes vom Jahr 1882 veröffentlichte briefliche Erwiederung von Ch. Darwin.

doppelt gefiederte Blätter. Berührt man eines der vielen zweireihig angeordneten Blättchen an der gelenkartig angeschwollenen Basis innen, so richtet sich dasselbe in die Höhe. Bei schwacher Berührung bleibt der Reiz auf das berührte Blättchen beschränkt, meistens pflanzt sich derselbe jedoch auf das gegenüberstehende, manchmal abwärts fortschreitend auch auf die nächstuntern fort. Alle beider Zeilen heben sich und legen, etwas gegen die Spitze des gemeinsamen Blattstieles vorneigend, ihre Oberseiten zusammen. Später thun die des andern Stieles in umgekehrter Reihenfolge dasselbe, die beiden gemeinsamen Stiele rücken näher zusammen, während zugleich der Hauptblattstiel sich um viele Grade senkt. Bei starker Erschütterung der Pflanze begeben sich sämmtliche Blätter der ganzen Pflanze auf einmal in die Reizstellung, die Pflanze sieht jetzt ganz kahl, wie entblättert aus. Ja von Martius berichtet, dass in Brasilien, wo diese Pflanzen zu Hause sind, der Hufschlag eines Pferdes genüge, um alle an den Seitenrändern des Reitpfades wachsenden Mimosen in die Reizstellung zu versetzen. Nach einiger Zeit der Ruhe nehmen die Blätter unserer Sensitiven die ursprüngliche Stellung wieder an und sind dann von neuem reizbar. Die Blätter mancher andern Pflanzen, besonders der Sauerkleearten zeigen ähnliche Reizbewegungen, doch in keinem Falle schöner als bei Mimosa. Ob und was für Vortheile diese Pflanzen aus der Reizbarkeit ihrer grünen Blätter ziehen, ist zur Zeit gänzlich unbekannt. — Nicht viel anders verhält es sich mit jenen insectenfressenden Pflanzen, deren Blätter sich auf Berührung durch Insecten fallenartig schliessen oder ihr Opfer mittelst reizbarer klebriger Drüsen festhalten, insofern bis heute nur für Drosera, den Sonnenthau ernährungsphysiologische Vortheile des Insectenfanges, und

selbst hier nicht unbestritten, dargethan werden konnten. Mit Insecten gefütterte Individuen bringen nach Fr. Darwin und Rees mehr und bessere Samen hervor. — Dass dagegen die Krümmungen und Verkürzungen, welche die Staubgefässe gewisser Pflanzen,[1]) also auch Blattorgane, bei Berührung durch Insecten ausführen, dazu dienen, den Blüthenstaub an bestimmte Körperstellen des blumenbesuchenden Insectes zu schaffen und dadurch die Samenbildung zu sichern, habe ich bei einer frühern Gelegenheit[2]) bereits hervorgehoben.

Ganz andern Zwecken dienende Reizbewegungen zeigen die Ranken der Erbsen, Passifloren, der Kürbisgewächse, des Weinstocks und vieler andern Pflanzen. Man versteht darunter mehr oder weniger fadenförmige Blatt- und Stengel-Theile, die beim Zusammentreffen mit geeigneten festen Körpern diese umschlingen, sich dann meist korkzieherartig einrollen und dadurch die Pflanze der Stütze näher bringen. Das Auffinden der Stütze wird durch verschiedene Mittel erleichtert, das Umfassen derselben aber ist die nächste Folge einer Empfindlichkeit — wollen wir jetzt schon sagen — der berührten Stelle für Berührung. Diese Reizbarkeit kommt nur Ranken einer gewissen Entwickelungsstufe zu, sie fehlt sehr jungen, sowie alten. Meistens ist auch nur eine bestimmte Seite reizbar, gewöhnlich nämlich die concave Seite des von Natur eingekrümmten Endes. Es verdient Beachtung, dass selbst starke momentane Stösse, die ein Mimosablatt sofort in die Reizstellung versetzen würden, also auch das Auffallen von

---

[1]) z. B. unserer blauen Kornblume und anderer Arten der Gattung Centaurea.

[2]) In meinem Vortrag über die Samenbildung der Pflanzen.

Regentropfen wirkungslos sind, vielmehr eine anhaltende, wenn auch nur schwache Berührung mit einem festen Körper, dem Stengel einer andern Pflanze, einer Stange, einem Draht oder Bindfaden erforderlich ist, um eine bleibende Krümmung zu veranlassen, dass ferner bei zu kurzer Dauer des Reizes zwar Krümmung erfolgt, oft aber nach einiger Zeit wieder ausgeglichen wird. Es sind das alles offenbar zweckmässige Besonderheiten: Von Ranken, die schon beim Anprallen von Regentropfen, oder bei der flüchtigen Berührung mit einem vorüberhuschenden Insect dauernd winden würden, hätten die Pflanzen wenig Vortheil. — Bei einigen rankenlosen, dünnstengeligen Gewächsen zeigen die Blattstiele ein rankenartiges Verhalten, so bei der gewöhnlichen Niele unserer Wälder, der Kapuzinerkresse etc. Und — es gehört streng genommen nicht hierher, mag aber bei dieser Gelegenheit mit angeführt werden — bei dem mit Ranken versehenen, zur Bekleidung von Gartenlauben so oft verwendeten wilden Weinstock, der Jungfern- oder Rosinlirebe (Ampelopsis hederacea) und andern Kletterpflanzen schlingen die Ranken nicht, sondern entwickeln beim Auftreffen ihrer Spitzen an Mauerflächen daselbst ebensoviele Haftscheiben und klammern sich mittelst dieser fest. Es leuchtet ein, dass wir auch in dem Krümmungsvermögen eigentlicher Ranken und rankender Blattstiele auf Berührung eine Anpassung der Pflanze zu erblicken haben, die, wie die spontane Circumnutation der überhängenden Sprossenden von Schlinggewächsen die Ueberwindung des Eigengewichtes und das Klettern ermöglichen soll.

Die Laub- und Blüthenblätter einer grossen Anzahl von Pflanzen erfahren tägliche Stellungsänderungen. Man nennt diese Bewegungen, da sie mit dem täglichen Wech-

sel äusserer Bedingungen verknüpft sind, nyctitrope oder Schlafbewegungen. Am ausgeprägtesten sind dieselben bei den am Grund articulirten Blättern und Blättchen der Hülsenfrüchtler und Sauerklee-artigen Pflanzen, welche sich ja auch durch grosse Reizbarkeit auszeichnen. Doch zeigen die Blätter noch vieler andern Pflanzengruppen, in geringem Grad vielleicht alle Blätter, tägliche Bewegungen. Diese Bewegungen variiren ausserordentlich, sind oft auch ungemein complicirt. So senken sich beispielsweise die Blättchen des gemeinen Sauerklee's (Oxalis Acetosella) am Abend, sich zugleich etwas einwärts nach dem Stiele hin faltend, wogegen diejenigen von Marsilia sich bei einbrechender Nacht aufwärts zusammenlegen. Bei Desmodium gyrans senkt sich das Endblatt, während der gemeinsame Stiel sich hebt; die Seitenblättchen setzen dabei bekanntlich ihre spontanen Oscillationen fort. Die Blätter der gleichfalls schon berührten Mimosen endlich sind sogar durch drei bewegliche Theile ausgezeichnet. Wie auf Reize legen sich nämlich die Blättchen nach oben und vorn zusammen, nähern sich die secundären und senken sich die primären Stiele. Obwohl sonach die nächtliche Stellung mit der Reizlage äusserlich völlig übereinstimmt, dürfen die beiden Lagen doch keineswegs identificirt werden. In der Reizstellung befindet sich die Pflanze, wie Brücke gezeigt hat, in einem Erschlaffungszustand, die Nachtstellung aber entspricht einem Spannungszustand, das Blatt ist in diesem Fall verhältnissmässig rigid, starr, steif. Dort lässt sich der Winkel zwischen dem Hauptblattstiel und Stengel durch Neigen der Pflanze leicht verändern, wogegen er bei der eingeschlafenen Pflanze vermöge der hohen Spannung im Gelenk in jeder Lage annähernd derselbe bleibt. Der Pflanzen-

schlaf ist mithin auch etwas anderes als der selbst bei Rathhausvorträgen nicht ganz unbekannte menschliche Schlaf; denn dieser pflegt sich einzustellen, wenn Körper und Geist erlahmen. Schütteln und dergleichen hebt ihn zwar auf, stellt aber die Spannkräfte wieder her, während eingeschlafene Pflanzen durch Erschütterung just umgekehrt in den spannungslosen Reizzustand versetzt werden.

Die nyctitropen oder Schlafbewegungen grüner Blätter sind im Allgemeinen durch die Senkrechtstellung der Spreiten d. h. Blattflächen und die Zusammendrängung derselben auf einen beschränkten Raum charakterisirt. Auch die Bewegungen, welche Blüthenblätter am Abend oft ausführen, sind meistens mit einer gegenseitigen Annäherung der letztern verbunden. Es deutet dies alles darauf hin dass der Nutzen dieser Bewegungen im Schutz der Blätter und Blüthen gegen allzu starke nächtliche Wärmeausstrahlung und Erkältung zu suchen sein dürfte. Alle Gärtner, sagt Darwin, wissen, dass die Pflanzen von der Strahlung leiden. Zahlreiche Versuche von Darwin, bei welchen einzelne Blätter zu geeigneten Zeiten künstlich am Schlaf verhindert wurden, thun denn auch dar, dass solche Blätter von der Kälte mehr leiden; bisweilen erschienen auf diesen Blättern sogar Thautropfen, während sie an den andern ausblieben, Beweis dafür, dass die am Schlaf verhinderten Blätter sich durch Strahlung mehr abkühlen als die übrigen. — Da beim Einschlafen sich hebende Blättchen die Oberseiten zusammenlegen, sich senkende aber zum gleichen Zweck, d. h. um die Oberseiten zusammenzubringen, oft Drehungen ausführen, scheint man mit Darwin annehmen zu müssen, dass die obere Seite in höherm Grade schutzbedürftig ist. In der That litten

bei einzelnen der erwähnten Versuche die Oberseiten stärker.[1])

Geehrte Zuhörer, Sie haben soeben drei Hauptarten von Bewegungserscheinungen, spontane, Reiz- und Schlafbewegungen, kennen gelernt, die zum Theil höchst auffallend, zum Theil auch von hervorragendem pflanzenphysiologischem Interesse sind. Es bleiben noch zwei Kategorien von Bewegungen übrig, die, so leicht ihre wahre Natur übersehen werden kann, alle bisher besprochenen Bewegungen sowohl mit Bezug auf Verbreitung als Wichtigkeit weit hinter sich zurücklassen. Ich meine die Wachsthums- und Richtungsbewegungen.

Wenn ein Stengel, eine Wurzel oder ein Blatt an der Spitze sich verlängert, so führt letztere eine Bewegung im Raume aus. Dasselbe geschieht beim Dickenwachsthum unserer Bäume mit Theilen des Umfanges von Stengel und Wurzel. Diese und ähnliche Bewegungen sind es vornämlich, welche man als Wachsthumsbewegungen bezeichnen kann.

Stengel, Wurzeln und Blätter zeigen weiterhin, ganz abgesehen von den mannigfachen, bereits besprochenen Schwankungen der Lage ausnahmslos eine gewisse Richtung im Raume, zu deren Erlangung gleichfalls Bewegungen nothwendig sind. Man erkennt letzteres leicht aus

---

[1]) Zur Erläuterung des Obigen noch eine kurze Bemerkung. Angenommen die paarig einander gegenüberstehenden Blättchen eines gefiederten Blattes heben sich beim Einschlafen, so kommen die Oberseiten ohne Weiteres auf einander zu liegen. Gesetzt aber die Blättchen senken sich gegen Abend, so werden die Oberseiten nach aussen schauen. Sollen sich diese gleichfalls decken, so muss offenbar jedes Blättchen während seiner Abwärtsbewegung in der Einfügungsstelle eine Drehung von 180° ausführen. Das thun z. B. die Blättchen von Trifolium und Cassiaarten.

der Thatsache, dass zufällig oder absichtlich aus ihrer natürlichen Lage gebrachte Pflanzentheile, d. h. also wieder Wurzeln, Stengel und Blätter ihre ursprüngliche Richtung im allgemeinen wieder annehmen. Pfeffer hat in seinem neuen Lehrbuch der Pflanzenphysiologie diese Bewegungen unter dem Namen Richtungsbewegungen zusammengefasst.

Während ich in der Folge auf die Wachsthumsbewegungen kaum mehr als beiläufig einzutreten gedenke, kann ich mir dagegen nicht versagen für die Richtungsbewegungen Ihre Aufmerksamkeit noch einige Zeit in Anspruch zu nehmen.

Wer sich daran erinnert, durch was für ausserordentliche Mittel dünnstengelige Gewächse in die Höhe zu gelangen suchen, wird sich dem Gedanken nicht verschliessen, es dürfte für die Pflanzen überhaupt nützlich sein, sich möglichst über den Erdboden zu erheben. Consequenter Weise wird man denn auch die Zähigkeit, womit ober- und unterirdische Pflanzentheile ihre einmal eingenommene Richtung beizubehalten oder wieder zu gewinnen trachten, nicht anders als dahin deuten können, es werden auch durch die Richtungsbewegungen wesentliche Interessen der Pflanze gefördert. In der That hängen alle diese Dinge mit den wichtigsten Lebensbedürfnissen der Gewächse auf's Innigste zusammen.

Es ist Jedermann bekannt, dass die grosse Mehrzahl der Gewächse zu ihrem Unterhalt Kohlensäure braucht und diese Gasart nur von grün gefärbten Pflanzentheilen und unter dem Einfluss des Lichtes verarbeitet wird. Es müssen daher die assimilirenden Organe der Pflanzen an die Luft, an's Licht gelangen. Da dies für alle auf Kohlensäure angewiesenen Gewächse gilt, ist ein Wettkampf zwischen

diesen unvermeidlich. Schnellwüchsige Pflanzen sind unter sonst gleichen Umständen langsam wachsenden gegenüber im Vortheil, ausdauernde hinwiederum einjährigen, kräftig beastete und belaubte schmächtigen, blattarmen gegenüber. Darum gibt es im gut geschlossenen Wald kein Unkraut, darum werden daselbst immer sogar einzelne Bäume unterdrückt. Wer ein Riese werden will, muss eben bei Zeiten und ohne Unterbruch darauf bedacht sein; denn das Grosse ist des Niedrigen Tod. Wenn aber der Schwache sich dem Starken vertrauensvoll anzuschmiegen versteht, kann es auch ihm gelingen, sonnigere Regionen zu ersteigen. Allein auch der Riese braucht einen festen Halt. Damit ein Wald sich aufbaue, müssen die Bäume ihre Wurzeln tief in die Erde senken; hier finden sie nicht nur jenen Halt, sondern auch eine unerschöpfliche Quelle der Nahrung. So viel im Allgemeinen und nun zur speciellen Betrachtung der Richtungsbewegungen.

Manche dieser Richtungsbewegungen werden offenbar nur von innern Ursachen bedingt, so z. B. die Richtungsänderung, welche die Blätter schwellender Knospen erfahren. Die wichtigsten aber stehen in Beziehung zu äussern Kräften und zwar der Schwere und dem Licht. Es sind dies die sogenannten geotropischen und heliotropischen Bewegungen. Sowohl die geotropischen als heliotropischen Bewegungen zerfallen wieder in zwei verschiedene Unterformen, je nachdem die Bewegung der Kraftquelle zu- oder abgewendet ist. Organe, die von der Erde gleichsam angezogen werden, heissen positiv, sich derselben abwendende negativ geotropisch, ebenso der Sonne zustrebende positiv, das Licht fliehende negativ heliotropisch. Statt der griechischen Bezeichnungen werde ich mich im Nachfolgenden hie und da auch der

deutschen Ausdrücke: lichthold, lichtscheu und erdhold, erdscheu bedienen.

Bringt man den Samen einer höhern Pflanze in feuchte Erde, so quillt er auf. Nach einiger Zeit platzt die Samenschale und heraus tritt: zuerst das Würzelchen, später auch das Stengelchen des Keimlings. Wie immer nun der Same in der Erde liegen mag, stets wendet sich ersteres abwärts, dem Erdcentrum entgegen.[1]) Legt man bereits gekeimte Samen so in die Erde, dass das Würzelchen seitwärts oder nach oben schaut, so krümmt sich die Spitze in einiger Zeit nach unten und wächst von neuem abwärts. Das Stengelchen zeigt in allen diesen Fällen genau das entgegengesetzte Verhalten. Da das Licht bei diesen Versuchen ausgeschlossen ist, haben wir es demnach mit einer blossen Beziehung zur Gravitation zu thun, das Würzelchen ist, wie man sagt, positiv, das Stengelchen negativ geotropisch. Während das Würzelchen fortfährt sich an der Spitze in seiner natürlichen Richtung zu verlängern, bilden sich an der rasch streckungsunfähig werdenden Basis desselben Nebenwurzeln. Auch diese folgen dem Zug der Schwere, wenn ich so sagen darf; denn legt man eine Nebenwurzel horizontal in lockere Erde, so krümmt sich die verlängerungsfähige Spitze im Lauf einiger Stunden gleichfalls abwärts, aber nicht in demselben Maasse, wie es die Hauptachse that: sobald ein gewisser Winkel mit der Horizontalen erreicht ist, wächst die Nebenwurzel in der angenommenen Richtung gerade weiter, ohne sich noch mehr zu senken. Daher kommt es, dass die Aeste der normal gerichteten also aufrechten Hauptwurzel insgesammt

[1]) Das Gewicht des Samens, auf diesem lastendes Laub, oder Erde, Wurzelhaare ferner und Schleimstoffe sind es, die dabei für die erste Befestigung des Keimlinges, d. h. die Gewinnung eines Stützpunktes sorgen.

schief abwärts und auswärts laufen. In noch geringerem Maasse oder selbst gar nicht werden die Aeste der Nebenwurzeln, d. h. die Wurzeln dritten oder gar diejenigen vierten Grades, von der Schwerkraft beeinflusst, sie wachsen vielmehr meistens genau in derjenigen Richtung, die sie jeweilen beim Austritt aus der Mutterwurzel haben, gerade weiter, also bald nach unten, bald seitwärts, bald sogar nach oben.

Es leuchtet ein, dass der positive Geotropismus überhaupt, wie insbesondere die angedeutete Abstufung desselben an Wurzeln verschiedener Generation im höchsten Grade zweckmässig ist. Wären alle Wurzeln einer Pflanze in gleichem Maasse erdhold, so würden sie, insgesammt auf dem kürzesten Weg senkrecht nach unten vordringend, eine compacte Masse bilden, die Pflanze gewänne eine lange nicht so grosse Standfestigkeit und wäre unfähig den Boden so vollständig auf Nahrung abzusuchen, wie es durch die denselben in allen Richtungen durchziehenden Wurzeln factisch geschieht.[1]) — Nur ungern verzichte ich darauf weiter auszuführen, dass, wie Sachs gezeigt hat, wachsende Wurzeln auch für verschiedene Feuchtigkeitsgrade ihrer festen Umgebung empfindlich sind, sich der grössern Feuchtigkeit zuwenden, mit andern Worten die für die Ernährungszwecke günstigsten Stellen im Boden aufzufinden vermögen.[2]) Dass die Wurzeln für Lichteinflüsse im Allgemeinen wenig oder gar nicht empfänglich sind,

[1]) Genaueres bei Sachs: Ueber das Wachsthum der Haupt- und Nebenwurzeln. Arbeiten des botan. Institutes in Würzburg I.

[2]) Die von Darwin der Wurzelspitze zugeschriebene Fähigkeit verschiedene Druckwirkungen zu unterscheiden und vermittelst derselben die Wege geringster Widerstände im Erdinnern aufzufinden, hat sich nach Wiesner (l. c.) und besonders Detlefsen (Arbeit. des bot. Instituts in Würzburg. Bd. II pag. 627) nicht bestätigt.

kann nicht überraschen, da die Ausbildung eines dahinzielenden Vermögens bei Wurzeln, welche normal in der Dunkelheit leben, der Pflanze wenig Gewinn bringen könnte.

Gehen wir zur Betrachtung des Stengelchens der Keimpflanze, respective dessen Verhalten über. Dasselbe wendet sich also, wie bereits mitgetheilt worden, vom Erdcentrum weg, erweist sich mithin als negativ geotropisch oder erdscheu. Es ist aber zugleich auch für Lichteinflüsse empfänglich und zwar natürlich positiv heliotropisch oder lichthold. Das letztere hat den nicht zu unterschätzenden Vortheil, dass der Keimstengel vom negativen Geotropismus nicht planlos in geradester Richtung nach oben geführt wird, wobei derselbe oft an Steinchen anstossen und von denselben über Gebühr aufgehalten werden müsste, sondern die Lücken im Boden, durch die einiges Licht eindringt, d. h. die Wege geringster Widerstände einschlägt. — Dieses Verhalten erscheint nun freilich nicht selten auf den ersten Blick etwas getrübt und zwar durch eine allbekannte, sofort zu erörternde spontane Wachsthumsbewegung des Keimstengels. Sie begreifen leicht, dass die zarten Wurzeln und Stengel von Keimpflanzen beim Durchbrechen der Erde unaufhörlich der Gefahr beschädigt zu werden ausgesetzt sind. Während nun die die erste Entwickelung besorgende Wurzelspitze, da sie keine Blätter hervorzubringen hat, sich durch Erzeugung einer aus derbwandigen Zellen zusammengesetzten fingerhutförmigen Kappe am Ende, durch die sogenannte Wurzelhaube gegen äussere Schädlichkeiten schützt, ist an der Blätter producirenden Stengelspitze eine derartige Einrichtung natürlich unstatthaft. Dafür streckt sich diese anfangs auf einer Längsseite etwas stärker, so dass sie haken- oder ∫förmig gekrümmt erscheint, die weiche Spitze nach unten und eine relativ ältere, wider-

standsfähigere Partie nach oben schaut. Diese solidere, knieförmig gebogene Stelle ist es alsdann, welche, vom negativen Geotropismus und positiven Heliotropismus nach oben gelenkt, die mehr oder weniger auf dem Keimling lastende Erde zur Seite schiebt und, indem sie das thut, die zärtere Stengelspitze hinter sich her und aus der Erde herauszieht. Später, wenn überflüssig geworden, d. h. wenn der Keimstengel über der Erde angelangt ist, gleicht sich die erwähnte Wachsthumsdifferenz aus, der gebogene Keimstengel streckt sich gerade und wächst nun auch in der Regel genau senkrecht in die Höhe. Das letztere geschieht keineswegs, weil Schwerkraft und Licht keinen Einfluss auf den oberirdischen Stengel haben. Dieser ist vielmehr meist in hohem Grad geotropisch und heliotropisch, denn, bringt man einen solchen Stengel aus seiner Lage, so krümmt sich sein fortwachsendes Ende rasch wieder nach oben und zwar auch in der Dunkelheit, der Stengel ist also negativ geotropisch oder erdscheu. Darum erheben sich auch die von Regen und Wind niedergelegten Getreidehalme wieder; doch sind es hier die lange Zeit streckungsfähig bleibenden Knoten des untern Halmendes, welche die Aufwärtskrümmung vermitteln.[1]) Beleuchtet man aber einen jungen aufrecht wachsenden Stengel von der Seite, so wendet er sich in einigen Stunden nach der Lichtquelle hin, erweist sich somit als positiv heliotropisch oder lichthold. — Wenn also der Stengel unter normalen Verhältnissen, d. h. bei aufrechter Stellung und Beleuchtung von oben, fortfährt senkrecht in die Höhe zu wachsen, so kann dies nicht die Folge einer Unempfindlichkeit für Gravitation und Licht sein, sondern nur damit zusammenhängen, dass derselbe

[1]) Richtiger: Die Basaltheile der die Knoten umschliessenden Blattscheiden.

unter den angegebenen Verhältnissen in der Regel auf Schwere und Licht ringsherum gleich reagirt.

Weitaus die meisten, wo nicht alle oberirdischen Stengel behalten ihren negativen Geotropismus bei, nicht alle aber bleiben auch lichthold. Der Stengel des Epheu's z. B. wird frühzeitig lichtscheu. Es kann Ihnen nicht entgehen, worin der Nutzen dieses Verhaltens im genannten Falle zu suchen ist. Der Epheu ist, wie die Winde, der Hopfen, die Passionsblume, lang und dünnstengelig, aber weder im Stand zu schlingen, noch zu ranken. Dennoch klettert die Pflanze und zwar oft sehr hoch. Es ist der negative Heliotropismus, der ihr dazu verhilft. Durch den negativen Heliotropismus werden nämlich alle vegetativen Stengel des Epheu's benachbarten Baumstämmen, Mauerflächen etc. angedrückt. Es brauchen dann nur noch jene bekannten zahlreichen Haftwurzeln auf der Schattenseite hervorzubrechen, in Ritzen und Löcher der Stütze oder Mauer hineinzuwachsen und das Emporklimmen des Epheu's ist gesichert. Die Stengel der bekannten Kapuzinerkresse sind gleichfalls in der Jugend positiv, später, jedoch nur bei intensiver Beleuchtung, stark negativ heliotropisch und bei der schon berührten Jungfernrebe sind die Ranken mit negativem Heliotropismus ausgerüstet.[1]) Sie werden durch denselben dem Substrat (Mauerflächen u. dgl.) angedrückt, um dann in Folge der Berührung jene Haftscheiben zu produciren und sich damit zu befestigen.

Wie die Wurzel, so verzweigt sich in der Regel auch der oberirdische Stengel, und seine Aeste thun das Nämliche. Wir begegnen hier aber auch noch insofern einer ähnlichen Erscheinung, als die Aeste des Stengels normal

[1]) Nach Wiesner auch nur bei starkem Licht.

ebenfalls nicht mit derselben Energie aufwärts wachsen, wie die Hauptachse, sondern mit dieser einen bestimmten Winkel bilden, wogegen die tertiären und quartären Aeste sich oft in allen möglichen Richtungen verzweigen. Wie für die verschiedene Richtung primärer, secundärer und tertiärer Wurzeln die Abnahme des positiven Geotropismus maassgebend ist, so kann hier Abnahme des negativen Geotropismus im Spiele sein. Sicher kommen indessen auch noch andere Factoren in Betracht. Dass aber die wechselnde Richtung der Stengeltheile ein und derselben Pflanze nicht weniger, als die der Wurzeln, den Gewächsen zum Vortheil gereicht, liegt auf der Hand: Wären alle Aeste gerade aufgerichtet, so würden sie nicht blos sich selber beengen und in der Entwicklung hindern, es würden vielmehr auch die Blätter dicht zusammengedrängt, die in ernährungsphysiologischer Beziehung offenbar zweckmässige Flächenentwickelung derselben käme nicht zur Geltung, die Blätter würden sich gegenseitig bedecken, der Zutritt der Luft und des Lichtes wäre gehemmt, die Assimilation erschwert, das Wachsthum, ja die Blüthen-, Frucht- und Samenbildung, also auch Fortpflanzung direct und indirect — denken Sie nur an die vielfachen Beziehungen der Blüthen zur Insectenwelt — sehr beeinträchtigt.

Werfen wir nach diesen Auseinandersetzungen endlich auch noch einen Blick auf die natürliche Lage der Blätter. — Dieselben zeigen schon in den Knospen bestimmte Stellungsverhältnisse. Manche stehen einzeln auf gegebener Höhe, dabei abwechselnd zwei- oder mehrzeilig, spiralig, wie man gewöhnlich sagt. Andere bilden Paare oder Wirtel, wobei die aufeinanderfolgenden Paare oder Wirtel meist mit einander abwechseln. In Folge Anfangs stärkerer Entwicklung der Aussenseite erscheinen ferner die

Blätter aufrecht gedachter Knospen selbst aufrecht stehend, meist zugleich zusammen neigend. Beim Treiben der Knospen, wobei die Achse derselben sich verlängert, werden die Blätter passiv auseinander gerückt und, wie bereits früher angedeutet worden, durch nachträglich stärkeres Wachsthum ihrer Oberseite zugleich mehr oder weniger ausgebreitet. Im Uebrigen kann ihre Anordnung erhalten bleiben oder mehr oder weniger tief greifende Veränderungen erfahren. Wenn eine Aenderung irgend welcher Art eintritt, so geschieht es in weitaus den meisten Fällen zum Zweck, die Blätter in eine für Beleuchtung und Assimilation möglichst günstige Lage zu versetzen. Als in dieser Beziehung günstigste Lage haben wir im allgemeinen diejenige zu betrachten, in welcher die Blattfläche und zwar die obere dem vollen Tageslicht ausgesetzt ist, die Lichtstrahlen also annähernd senkrecht auf die obere Blattseite auffallen. Zur Erreichung dieses Zweckes stehen der Pflanze verschiedene Mittel zur Disposition, nämlich Krümmungs- und Drehungsbewegungen, kurz Richtungsbewegungen der Blätter für sich allein, oder in Verbindung mit Drehungsbewegungen der Stengel, woran die Blätter befestigt sind. Beschränken wir uns auf erstere!

Denken Sie sich zunächst einen aufrechten beblätterten Spross. An einem solchen erreichen die Blätter die günstigste Lage in der Regel schon durch die soeben berührte auf nachträglich verstärktem Wachsthum der Innen- oder Oberseite beruhenden Auswärtskrümmung während des Treibens der Knospe. Steht aber der Zweig schief oder horizontal, so genügt dieses Hülfsmittel offenbar nicht. Angenommen der Zweig weise nach Nord, die Blätter seien vierzeilig angeordnet, zwei Blattzeilen liegen in einer horizontalen, die beiden andern in einer verticalen Ebene.

Alsdann befinden sich zwar die Blätter der untern Astseite bereits in der Lichtlage, diejenigen der obern aber werden sich zurückkrümmen und die an beiden Seitenkanten des Zweiges eingefügten Blätter werden am Grund eine Torsion oder Drehung ausführen müssen, damit die Strahlen der Mittagssonne die Blattoberseite annähernd senkrecht treffen. Sie kennen Alle unsere Weisstanne. Die äusserst zahlreichen nadelförmigen Blätter dieses wichtigen Waldbaumes sind ausnahmslos spiralig angeordnet und kehren in der Jugend die Oberseite der Stengelspitze zu. Während nun die am aufrechten Stamm befestigten Nadeln diese ihre Lage unverändert beibehalten, nehmen diejenigen der fast wagrechten Zweige frühzeitig scheinbar zweizeilige Lage an und richten zugleich ihre dunkelgrüne Oberseite statt nach der Astspitze, himmelwärts. Es wird dies dadurch erreicht, dass die Nadeln sowohl der obern als der untern Seite sich mit Bezug auf die Längsrichtung des Astes seitwärts, theils nach rechts, theils nach links wenden und zugleich nebst den Nadeln der beiden Seitenkanten des Zweiges an der Basis um einen grössern oder kleinern Winkel drehen. Aehnlich verhält sich die Eibe und selbst die Fichte. Auch bei Laubhölzern sind analoge Erscheinungen nicht selten. Auf den ersten Blick scheinen die Blätter derselben zwar oft ganz regellos vertheilt zu sein, sieht man aber genauer zu, so überzeugt man sich bald, dass sie zum grössten Theil räumlich so gestellt sind, dass ihre Fläche möglichst viel Licht, bald Ober- bald Seitenlicht empfängt. Die nächsten Ursachen wurden bereits angedeutet. Auch manche Zimmerpflanzen eignen sich vorzüglich zur Illustration dieser Richtungsbewegungen der Blätter, ja zum Theil noch besser, da sie meist einseitig beleuchtet zu sein pflegen, die Beziehungen zum Licht sich daher sehr einfach und mehr

in's Auge fallend gestalten. Sehr zu empfehlen ist z. B. Tradescantia zebrina und Verwandte, wo die Blätter, wie immer der Stengel, der sie trägt, orientirt sein mag, ihre Oberseite stets genau der Lichtquelle entgegen kehren und bei Veränderung der Stellung des Topfes ihre Lage schon in 1—2 Tagen den neuen Beleuchtungsverhältnissen anpassen. Bei dieser Pflanze functionirt, abgesehen vom negativen Geotropismus der Stengelknoten, die Grenze zwischen Blattfläche und stengelumfassender Scheide als bewegungsfähiger Theil, in andern Fällen ist es der Stiel der Blätter und bei den zahlreichen am Grund mit Gelenkpolstern versehenen Blättern und Blättchen hauptsächlich dieses Polster, welches die Bewegung vermittelt. — Nicht immer übrigens suchen sich die Blätter quer zum einfallenden Licht zu stellen. Es gibt Fälle, wo sie eine schiefe Lage annehmen oder dem Licht die Ränder darbieten. Es scheint dies in solchen Fällen zu geschehen, wo die Blätter von den senkrecht auffallenden Lichtstrahlen geschädigt würden. So erheben sich bei sehr intensivem Lichte die Blättchen unserer Robinie, der sogenannten Acazie, und kehren dem Licht die Ränder entgegen, während die Blättchen des gemeinen Sauerklee's und anderer Pflanzen bei hellem Sonnenschein sich senken. Hindert man die Blätter der genannten Pflanzen an den angegebenen Bewegungen oder dem sogenannten Tagesschlaf, so leiden sie, diejenigen des Sauerklee's verlieren die Farbe und verwelken. Dass das Blattgrün, welches die Kohlensäure unter dem Einfluss des Lichtes zersetzt, in der Regel auch dem Licht seine Entstehung verdankt, bei zu greller Beleuchtung zerstört wird, ist übrigens schon lange bekannt, ebenso dass noch andere Einrichtungen zum Schutz desselben in der Pflanze bestehen.

Ich kann mich nicht enthalten an dieser Stelle auch noch der Lage und Richtung schwimmender Pflanzentheile mit einigen Worten zu gedenken. Die Blattspreiten unserer Seerosen (Nymphaea, Nuphar), des Froschlöffels (Hydrócharis) und vieler andern Wasserpflanzen sind bekanntlich im ausgebildeten Zustand auf der Wasseroberfläche horizontal ausgebreitet. Es kann dies keine zufällige Erscheinung sein, sondern muss vielmehr abhängen 1. vom Längenwachsthum der Blattstiele, 2. von dem Winkel, welchen letztere bilden einerseits mit dem Stengel, woran die Blätter eingefügt sind, anderseits mit der Blattspreite, oder, wie man auch sagen kann, von einem Krümmungsvermögen der Blattstielbasis und Blattstielspitze. Das eine wie das andere lässt sich direct beobachten. Nicht nur besitzen in tiefen Teichen erwachsene Seerosen u. dgl. langgestielte, in seichten Gewässern lebende aber kurzgestielte Blätter, sondern, als Frank, dem wir eine äusserst interessante Untersuchung über diesen Gegenstand verdanken, Exemplare von Hydrocharis künstlich längere Zeit unter Wasser hielt, streckten sich die Blattstiele von neuem, die jüngsten so lange bis die Spreiten die Wasseroberfläche erreichten, wogegen umgekehrt in flache Schalen versetzte langstielige Pflanzen nur mit ganz kurzen Stielen versehene neue Blätter hervorbrachten. Bei jugendlichen Blättern des Froschlöffels stehen Stiele und Spreiten annähernd senkrecht; erst wenn die Spreiten an der Wasseroberfläche angelangt sind, beginnen Basis und Spitze der Stiele sich zu krümmen der Art, dass diese mit dem Stengel einen merkbaren Winkel bilden und die Spreiten horizontal auf die Wasseroberfläche zu liegen kommen. Der Winkel zwischen Stiel und Stengel erreicht einen geringern Betrag bei langstieligen Blättern von Pflanzen aus tiefem Wasser, wird dagegen grösser, muss grösser werden,

bei kurzstieligen Blättern von Pflanzen seichter Standorte. Nie wird der Winkel zwischen Stiel und Stengel so gross, dass die Spreite wieder untertaucht, nie so gering, dass sie auftaucht. Sinkt aber das Niveau des Wassers, dass die Pflanzen unten aufstossen, so nimmt er zu. Zugleich ändert sich dann auch der Winkel zwischen Stiel und Spreite derart, dass deren schwimmende Lage erhalten bleibt.[1])

Ich bin mit dem mehr beschreibenden Theil meiner Aufgabe zu Ende und habe somit überzugehen zur Besprechung der Ursachen der pflanzlichen Bewegungserscheinungen. Indem ich das thue, bitte ich Sie jedoch zum voraus Nachsicht üben zu wollen, wenn, wie ich fürchte, die Darstellung nicht immer so populär ausfällt, als der eine und andere meiner verehrten Zuhörer wünschen mag. Geistigen Gewinn wird auch aus dem Nachfolgenden Jedermann zu ziehen im Stande sein.

Die Mehrzahl der pflanzlichen Bewegungserscheinungen, mit denen ich Sie bekannt zu machen die Ehre hatte, sind so zweckmässig, zum Theil so eminent zweckmässig, dass zur Erklärung des Bewegungsvermögens der Pflanze nichts näher liegt, als der wiederholt schon von Andern ausgesprochene Gedanke, die Pflanze habe letzteres im Kampf um's Dasein, durch Ueberleben des Passendsten allmählig erworben, gleich wie so viele andern vortheilhaften Eigenthümlichkeiten, z. B. jene mannigfaltigen Einrichtungen zur Sicherung der Frucht- und Samenbildung, zur Verbreitung und Keimung der Samen. Weil Pflanzen, bei denen sich im Lauf der Zeit nützliche Bewegungen überhaupt oder in grösserer Vollkommenheit einstellten, minder günstig aus-

[1]) Genaueres siehe Frank: Ueber Lage und Richtung schwimmender und submerser Pflanzentheile im ersten Band von Cohn's Beiträgen zur Biologie der Pflanzen.

gerüsteten Concurrenten gegenüber im Vortheil sein mussten, darum hätte sich also das Bewegungsvermögen ausgebildet. Man kann die Berechtigung dieser Ansicht nicht bestreiten, allein sie befriedigt nur halb. Das Princip der Auswahl des Passendsten lässt begreiflich erscheinen, dass auch in dieser Richtung das Passendste, Zweckmässigste die Oberhand gewann, die Frage nach der ersten Entstehung desselben, nach der eigentlichen, mechanischen Ursache wird aber auf diesem Wege umgangen, hier, wie in andern Fällen.

Forschen wir nach den eigentlichen Ursachen der soeben geschilderten pflanzlichen Bewegungen, so dürfen wir vor Allem das nicht übersehen, dass jene Bewegungen streng genommen stets als Krümmungen in die Erscheinung treten. Bei schlingenden Stengeln, windenden Ranken ist dies unverkennbar, kaum weniger deutlich indess auch bei den geotropischen und heliotropischen Bewegungen von Stengeln und Wurzeln. Aber auch die vielgestaltigen Bewegungen von Blattorganen, seien es spontane Oscillationen, ordinäre Reiz- oder Schlafbewegungen, oder endlich Richtungsbewegungen, beruhen auf Krümmungen, meist der Blattgelenke. Nicht selten erfahren letztere Drehungen, doch lassen sich diese unschwer auf Krümmungsbewegungen zurückführen. Nur die Reizbewegungen gewisser Staubgefässe bestehen in symmetrischen Verkürzungen.

Damit nun irgend ein Pflanzentheil sich krümme, muss entweder die convex werdende Seite sich ausdehnen, oder die concav werdende sich zusammenziehen. Zum einen und andern Zweck stehen der Pflanze innere Kräfte zu Gebot. Wir fanden aber jene Krümmungsbewegungen so häufig mit äussern Factoren in naher Beziehung stehend, dass auch die Frage, in wie weit vielleicht manchmal äussere Kräfte

am Zustandekommen jener Bewegungen betheiligt sein möchten, unabweisbar erscheint.

Mit Bezug auf den ersten Punkt bitte ich Folgendes beachten zu wollen:

1. Die bewegungsfähigen Pflanzentheile sind in allen besprochenen Fällen zartgebaute Zellkörper, zusammengesetzt aus turgescenten, d. h. saftstrotzenden, durch Saft geschwellten, oft zugleich lebhaft wachsenden Zellen.

2. Derartige Zellen besitzen zwei Häute, eine elastische Zellstoffmembran aussen und eine jener inwendig dicht anliegende weiche, wesentlich aus Eiweiss bestehende Protoplasmahaut. Innerhalb beider befindet sich der Zellsaft.

3. Die Turgescenz oder der Turgor der Pflanzenzelle, ihr Schwellvermögen kommt zu Stande dadurch, dass gewisse im Zellsaft gelöste und von der Protoplasmahaut energisch zurückgehaltene Stoffe (manchmal Säuren) lebhaft Wasser anziehen, die Zelle also auszudehnen streben, während die Zellstoffmembran vermöge ihrer Elasticität Widerstand leistet. Damit im Zusammenhang ist dann natürlich die turgescente Zelle kleiner als es dem Wasseranziehungsvermögen jener Lösungsbestandtheile entspräche und grösser als die Zellstoffmembran für sich allein gestatten würde. In der turgescenten Zelle besteht ein sogenannter hydrostatischer Druck und die Membran befindet sich in einem Zustand der Spannung.

4. Das Wachsthum der Pflanzenzelle beruht auf Vermehrung des Zellinhaltes und Wachsthum der Membran, letzteres hinwiederum zunächst auf dem Turgor, dann auf der dadurch beförderten Einlagerung neuer Theilchen zwischen die schon vorhandenen.

Aus alledem erhellt nun aber, dass Wachsthum, ja schon Turgescenz allein im Stande sein muss, Krüm-

mung von Pflanzenorganen, also Bewegung hervorzurufen. Es sind dies nicht die einzigen im Innern der Pflanze frei werdenden Kräfte, die hier in Betracht kommen, jedoch die wichtigsten und nächstliegenden. Nehmen Sie, um sich die Sache noch etwas deutlicher zu machen, an, die Turgescenz oder das Schwellvermögen der Zellen der einen Seite eines Pflanzentheils werde verstärkt, was muss die Folge sein? Die betreffende Seite wird sich verlängern, das Organ eine Krümmung erfahren. Setzen Sie umgekehrt den Fall, der Turgor der einen Seite nehme ab, so wird dieselbe verkürzt, das Organ zwar auch, aber nach der entgegengesetzten Seite gebogen werden.

Weiterhin leuchtet aber auch ein, dass blosse Turgescenzänderungen zur Hervorbringung vorübergehender Bewegungen nicht nur ausreichend, sondern überhaupt geeigneter sein werden; denn, gesellt sich zu einer Turgescenzsteigerung auf der einen Seite eines Organes noch Wachsthum, so muss die Krümmung zu einer bleibenden werden. In der That beruhen denn auch z. B. jene periodisch wiederkehrenden Oscillationen der Seitenblättchen von Desmodium, viele Reizbewegungen, sowie die Schlafbewegungen von Blättern auf blossen Schwankungen des Turgor im Innern der krümmungsfähigen Theile, wogegen bei den Bewegungen schlingender Stengel, windender Ranken, sowie den geotropischen und heliotropischen Krümmungen der Turgescenzzunahme auf der einen Seite fast immer zuletzt auch verstärktes Wachsthum folgt, die Krümmung also fixirt wird. — Dass mit diesen Erscheinungen bisweilen eine ganz erhebliche Wasserbewegung im Innern der Pflanze verknüpft sein muss, ergibt sich aus den Mittheilungen über das Wesen des Turgor, sowie aus dem oft recht ansehnlichen Gesammtbetrag sichtbarer Bewegung. Dass ferner

Turgescenzänderung und Wasserbewegung nicht selten sehr rapid verlaufen muss, ist zu schliessen aus der grossen Schnelligkeit, womit manche jener Krümmungen sich vollziehen, respective wiederholen, z. B. Reizbewegung von Mimosa und besonders spontane Schwingungen der Seitenblättchen von Desmodium.

Es erübrigt somit nur noch einen Blick zu werfen auf jene mehrfach berührten äussern Factoren. Dieselben sind ziemlich zahlreich und sehr verschiedener Art. Ich beschränke mich indessen auf die hervorragendsten, diejenigen nämlich, welche die Rolle directer Bewegungserreger zu spielen scheinen. Zu diesen gehören hauptsächlich die Gravitation, das Licht, mechanische und chemische Einwirkungen.

Dass diese äussern Factoren für das Zustandekommen gewisser Bewegungen wichtig sind, kann nicht in Abrede gestellt werden. Ebenso sicher ist nach dem, was über Turgor und Wachsthum und deren Beziehung zur Bewegung gesagt wurde, dass jene äussern Factoren niemals die Rolle unmittelbarer Bewegungsursachen spielen. In Frage kommt also nur: auf welche Weise die im allgemeinen bekannten unmittelbar bewegenden Kräfte durch äussere Factoren in Action gesetzt werden.

In dieser Beziehung ist a priori zweierlei denkbar:

1. Jene äussern Factoren verhalten sich zu den unmittelbaren Bewegungsursachen etwa wie der Druck des Fingers auf die Saite der Armbrust zu der den Pfeil fortschleudernden Elastizität des Bogens oder wie der schwache Schlag auf den Zündstoff des Hinterladers zu der gewaltigen Expansionskraft des explodirenden Pulvers, d. h. die auslösenden Kräfte sind ungleich kleiner, als die ausgelösten, diese also unter keinen Umständen zurückführbar auf jene.

2. Jene äussern Kräfte verhalten sich zu den directen Bewegungsursachen wie die den Gummiball zur Erde ziehende Schwere zur Elastizität, vermöge deren ersterer wieder zurückprallt, oder wie die Spannkraft des Dampfes der Dampfmaschine zu den Kräften, welche die Cylinder der Druckerpresse drehen, das bedruckte Papier zerschneiden, falzen und auswerfen. Mit andern Worten, die die bezweckte Arbeit unmittelbar verrichtenden Kräfte kommen durch blosse Umwandlung der ursprünglich eingesetzten zu Stande.

So gewiss nun manche Arbeitsleistungen von Pflanzen durch Metamorphose von aussen eindringender Kräfte ermöglicht werden, bei sorgfältiger Ueberlegung aller bei den Bewegungserscheinungen zu beobachtenden Einzelheiten muss man sich überzeugen, dass hier andere Verhältnisse walten. Am deutlichsten ist dies bei den Reizbewegungen der Ranken, tritt ja doch die Krümmung schon bei der leisesten Berührung der Ranke mit einem Draht oder auch nur Bindfaden ein. Aehnliches gilt wohl für alle Reizbewegungen im engern Sinn. So ist es gewiss kaum denkbar, dass der relativ schwache Stoss, der genügt eine Mimosa zu veranlassen alle Blätter zu senken, im Stande sei durch Umsetzung das zur Verschiebung so bedeutender Wassermengen nöthige Kraftquantum zu liefern. Aber auch die geotropischen Krümmungen sind einer derartigen Auffassung ungünstig; denn die Kraft, womit horizontal gelegte Wurzeln irgendwie fixirter Keimlinge sich abwärts krümmen, übertrifft das Gewicht der ganzen Wurzel. Nicht nur taucht die sich abwärts krümmende Spitze solcher Wurzeln in das specifisch viel schwerere Quecksilber ein,[1]) sondern, wenn man an der Wurzelspitze in geeigneter Weise einen

[1]) Siehe besonders Frank: Beiträge zur Pflanzenphysiologie 1868 p. 22.

Faden befestigt, diesen oben über eine leicht drehbare Rolle schlingt und am entgegengesetzten Ende des Fadens ein Gewicht anhängt, so fährt die Wurzelspitze fort sich abwärts zu krümmen und zu verlängern, selbst wenn das Widerstand leistende Gewicht merklich grösser ist als das Gewicht der Wurzel.[1]) Auch bei der Aufwärtskrümmung negativ geotropischer Organe steht die Leistungsfähigkeit der Schwere als solcher in keinem Verhältniss zu der verrichteten Arbeit. Wie schon angedeutet worden, kann aber aus einer Kraft von bestimmter Stärke unter keinen Umständen eine andere von grösserer Leistungsfähigkeit hervorgehen. Mit den heliotropischen Bewegungen verhält es sich insofern etwas anders, als wir Lichtwirkungen zur Zeit nicht genau zu messen im Stande sind; indessen liegen auch da der Schwierigkeiten genug vor.

So kommt es denn, dass die neuere Pflanzenphysiologie mehr und mehr zu der Ansicht hinneigt, es finden hier überall ähnliche Beziehungen statt, jene äussern Factoren spielen ganz allgemein nur die Rolle auslösender Kräfte und es seien selbst die durch Gravitation und Licht beeinflussten Bewegungen blosse Reizphänomene, die Pflanze aber respective gewisse Theile derselben: Wurzelspitzen, Stengelspitzen, bisweilen auch Blattgelenke etc. besitzen die Fähigkeit nicht nur mechanische und chemische Einflüsse wahrzunehmen, verschiedene Feuchtigkeitsgrade etc. zu beurtheilen, wenn ich so sagen darf, zu empfinden ferner, von welcher Seite die Schwere und das Licht einwirkt, ob letzteres stark oder schwach, veränderlich oder constant ist, die Pflanze sei vielmehr auch im Stand, je nach dem

---

[1]) Johnson. Vergleiche Frank: Beiträge p. 33.

Charakter der Wahrnehmung oder Empfindung, Turgescenz und Wachsthum ihrer Zellen so einzurichten, dass die einzelnen Pflanzenglieder jeweilen in die vortheilhafteste Lage gelangen.

Wie der Pflanze, welche durch diese Auffassung offenbar dem Thier näher und damit auf eine etwas höhere Stufe gerückt wird, die genannten Empfindungen vermittelt werden, d. h. in was für Molecularvorgänge jene äussern Eindrücke in der Pflanze sich umsetzen, wie ferner die Pflanze dazu kommt, so oft mit Turgorschwankungen zu antworten, lässt sich zur Zeit nicht angeben. Manches deutet darauf hin, dass der Sitz all' jener Thätigkeiten im Protoplasma der Zellen zu suchen ist, ja die neuesten wichtigen Untersuchungen von Reinke über die chemische Constitution des Protoplasma's geben dem Gedanken Raum, dass wir im Protoplasma selbst sehr tief stehender Gewächse gewissermaassen Magen, Muskeln und Sinnesnerven zugleich zu erblicken haben.

Ob es dem heutigen oder einem spätern, mit grössern Fähigkeiten ausgerüsteten Menschengeschlecht vergönnt sein wird, dies und tausend andere Räthsel zu lösen? Ich weiss es nicht. Wenn es aber gelingen sollte, was dann? Dann werden neue Fragen auftauchen und den Menschen seine Kräfte üben, seine Unzulänglichkeit fühlen lehren. Was thut's? Natur hat weder Anfang noch Ende! Das Unendliche nicht ergründen zu können, ist keine Schande. Schimpflich wäre es blos, auf das Ringen nach besserer Einsicht zu verzichten; denn das hiesse einen vom Unendlichen selbst tief in's Innerste des Menschen gelegten Drang verläugnen und das einzige in unserer Macht liegende Mittel zur Vervollkommnung der menschlichen Erkenntniss sich abschneiden.